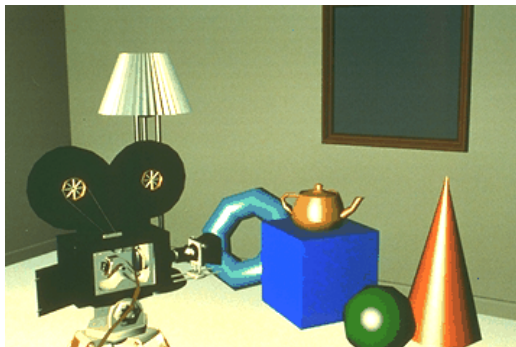
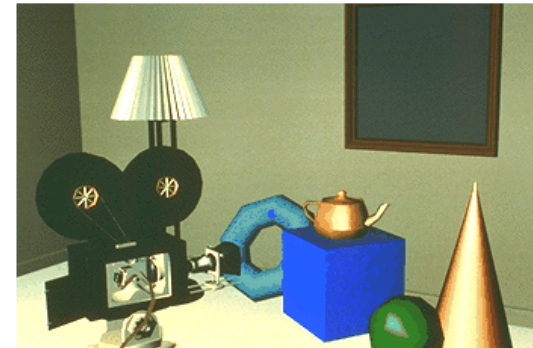
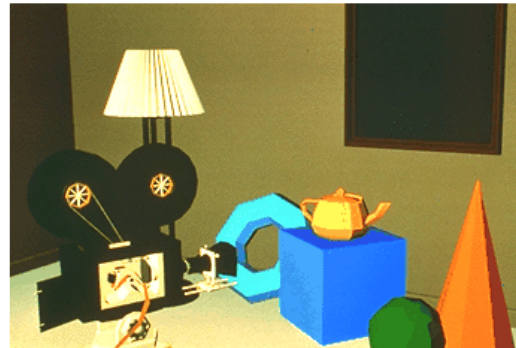


Iluminación

- 1. Introducción**
- 2. Modelos de color**
- 3. Modelo de iluminación local**

Introducción

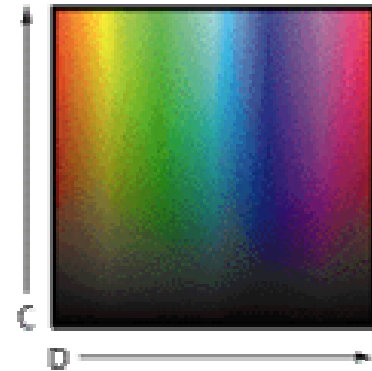
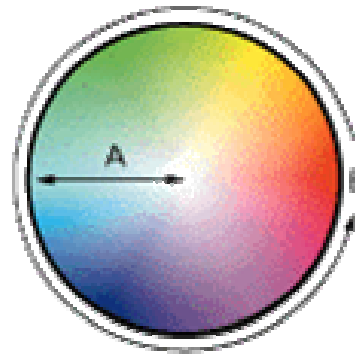
- *Evolución en las técnicas de visualización realista*



Modelos de color

- *Modelo HSB*

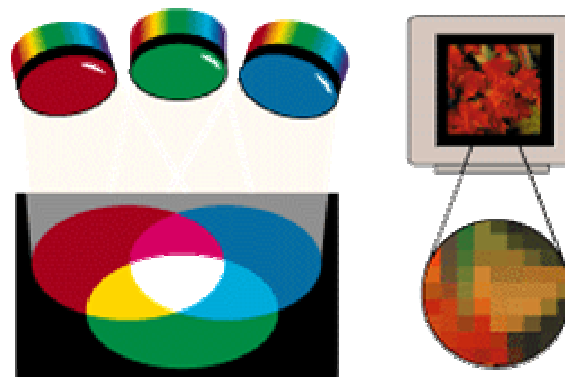
- Se basa en la percepción humana del color
- Los colores se describen según tres características fundamentales:
 - *Tono. Es el color reflejado o transmitido a través de un objeto.*
 - *Saturación. Es la fuerza o pureza del color. La saturación representa la cantidad de gris que existe en proporción al tono*
 - *Brillo. Es la luminosidad u oscuridad relativa del color*



- A. Saturación
- B. Tono
- C. Brillo
- D. Todos los tonos

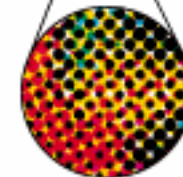
Modelos de color

- *Modelo RGB (modelo aditivo)*
 - Un extenso porcentaje del espectro visible se puede representar combinando luz roja, verde y azul (RGB) en proporciones e intensidades diferentes.
 - Dado que los colores RGB se combinan para crear blanco, también se denominan colores aditivos
 - *El monitor, crea color mediante la emisión de luz a través de fósforos de color rojo, verde y azul*
 - Las imágenes RGB pueden reproducir hasta 16,7 millones de colores. Tienen tres canales, 24 (8 x 3) bits por píxel



Modelos de color

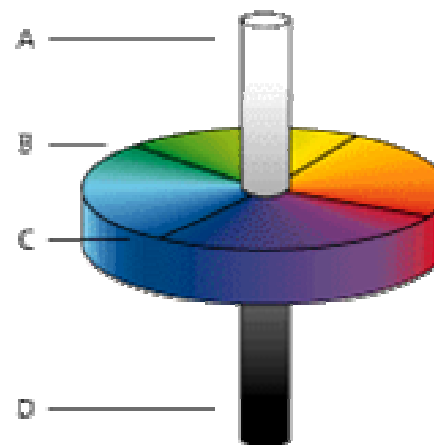
- *Modelo CMYK (modelo sustractivo)*
 - Se basa en la absorción de la luz de la tinta impresa en papel
 - En teoría, los pigmentos del cian (C), del magenta (M) y del amarillo (A) puros se combinan para absorber todos los colores y generar negro
 - Debido a que las tintas de impresión contienen impurezas, su combinación produce un marrón sucio, por lo que es necesario combinarlas con tinta negra (K) para generar negro puro.
 - Los colores sustractivos (CMY) y aditivos (RGB) son colores complementarios. Cada par de colores sustractivos crea un color aditivo.
 - Las imágenes CMYK son imágenes de cuatro canales que contienen 32 (8 x 4) bits por píxel.



Modelos de color

- *Modelo LAB*

- Modelo original de color propuesto por la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) en 1931 como estándar de medida para el color. En 1976, este modelo se perfeccionó y pasó a denominarse Lab.
- Es independiente del dispositivo
- Está compuesto por la luminiscencia, o componente de luminosidad (L), y dos componentes cromáticos:
 - *a*, que oscila entre verde y rojo
 - *b*, que oscila entre azul y amarillo
- Las imágenes Lab utilizan tres componentes para representar el color. Son imágenes de tres canales que contienen 24 (8 x 3) bits por píxel.



- A. Luminancia = 100 (blanco)
- B. Verde a componente rojo
- C. Azul a componente amarillo
- D. Luminancia = 0 (negro) a componente rojo

Modelo de iluminación local

- **Objetos**

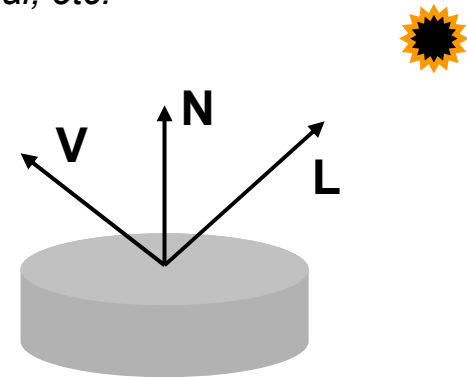
- Existe un modelo geométrico bien definido (superficies lisas)
- Las normales están definidas
- Se conocen las propiedades del material de los objetos
 - *Tipo de material: pulido, metálico, rugoso, etc.*
 - *Propiedades ópticas: transparencia, refracción, etc.*
 - *Cromaticidad: Color superficial propio*

- **Observador**

- Se conoce la posición del observador (dirección de proyección)
- Se conocen qué partes de los objetos son visibles

- **Fuentes de luz**

- Se conocen las características de la fuentes de luz
 - *Posición y color de la fuente*
 - *Número de fuentes*
 - *Tipo: uniforme, focalizada, direccional, etc.*
 - *Geometría: puntual, esférica, lineal, etc.*



¡Ojo! V, N, L no son coplanares

Modelo de iluminación local

- *Definimos un modelo de iluminación como:*

$$I = f(p, PV, \{O\}, \{F\})$$

- p: punto de cálculo de la iluminación
- PV: posición del punto de vista
- {O}: modelo geométrico-material de los objetos
- {F}: modelo geométrico-material de las fuentes de luz
- I: intensidad luminosa observada en p

- Un modelo de iluminación es empírico cuando sólo intenta obtener una simulación visualmente satisfactoria

- *Definimos un modelo de sombreado como:*

- Una función que dado un pixel decide su color. Habitualmente el modelo de sombreado depende del modelo de iluminación

- *Simplificaciones iniciales:*

- Fuentes puntuales
- Objetos opacos
- Modelo de iluminación local: no hay interreflexiones.

Inf
or
má
tic
a
Gr
áfi
ca

Modelo de iluminación local

- *Modelo de iluminación constante*

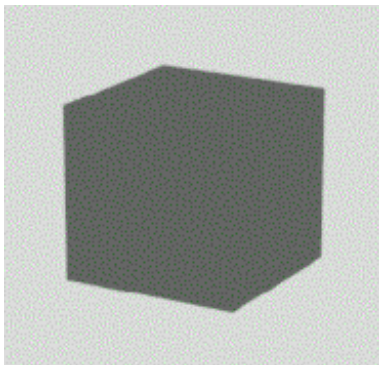
$$I = K = cte$$

- Los objetos se ven con la misma intensidad

- *Modelo constante en objeto*

$$I = K_i$$

- K_i : Intensidad dependiente de cada objeto [0..1]



- *Modelo de iluminación ambiental*

$$I = I_a \cdot K_a$$

- I_a : Intensidad ambiental en todo punto del espacio

- K_a : Coeficiente de reflexión ambiental [0..1] dependiente de cada objeto

- Modela el efecto de reflexión de todos los objetos de la escena
- Cada objeto refleja la intensidad que le llega una porción K_a
- La intensidad sigue siendo constante para cada objeto

Modelo de iluminación local

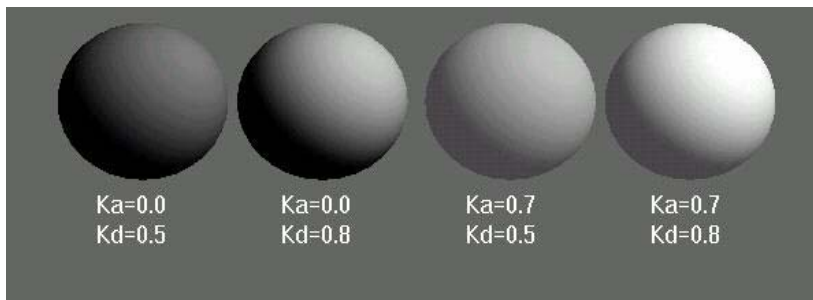
- *Reflexión difusa:*

- Parte de la luz reflejada por la superficie de un objeto de manera adireccional (igual intensidad en cualquier dirección)

- *Ej: paredes, telas, papel, etc.*

- *Ley de lambert:*

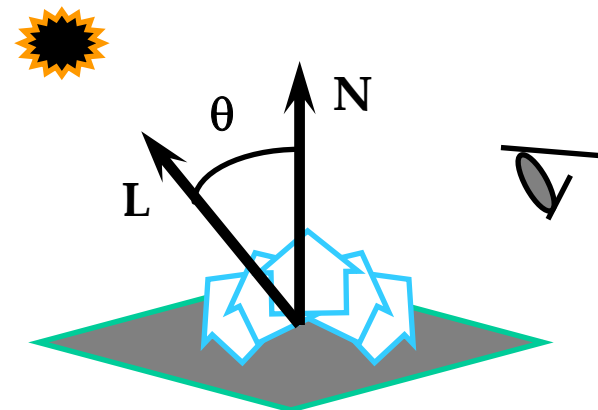
- “la componente difusa de la luz reflejada por una superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia”



- *Modelo de iluminación difusa*

$$I = I_a \cdot K_a + I_L \cdot K_d \cdot \cos(\theta) = I_a \cdot K_a + I_L \cdot K_d \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L})$$

- I_L : Intensidad de la fuente
- θ : Angulo de incidencia $[0^\circ..90^\circ]$
- K_d : Coeficiente de reflexión difusa del objeto $[0..1]$
- N : Normal a la superficie (unitario)
- L : Vector de iluminación (unitario)



Modelo de iluminación local

- *Atenuación del foco*
 - Hay que considerar la distancia del foco al punto iluminado d_L
 - Se utiliza una función de atenuación con la distancia al foco. (polinomio de segundo grado cuyos coeficientes se ajustan empíricamente)

$$f_{att} = \min\left(\frac{1}{C_1 + C_2 \cdot d_L + C_3 \cdot d_L^2}, 1\right)$$

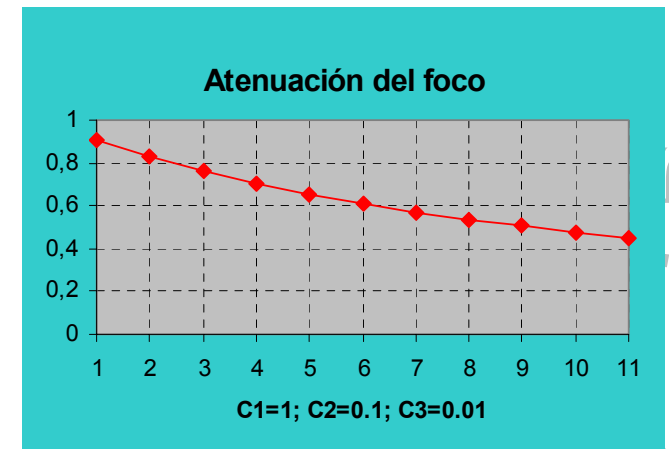
C_1, C_2, C_3 : Coeficientes de atenuación dependientes de la fuente

d_L : Distancia a la fuente puntual

f_{att} : Función de atenuación [0..1]

- *Modelo de reflexión difusa con atenuación*

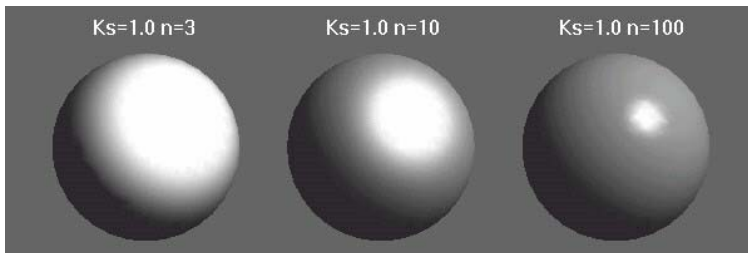
$$I = I_a \cdot K_a + f_{att} \cdot I_L \cdot K_d \cdot (\overline{N} \cdot \overline{L})$$



Modelo de iluminación local

• Iluminación especular

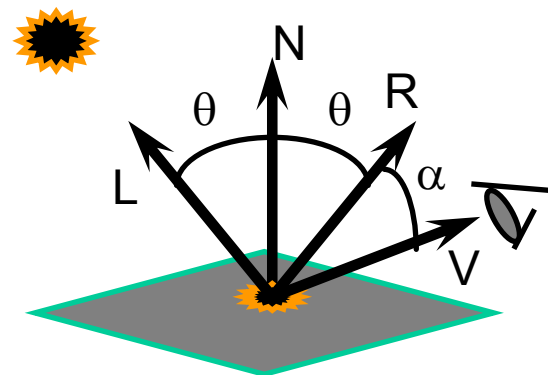
- Componente de la luz reflejada sobre una superficie brillante o pulida en una dirección preferente formando un brillo, depende de la posición del observador
- En un espejo perfecto la dirección de observación V es la dirección de reflexión perfecta R
- El brillo decae cuando el observador se aleja de R



• Modelo de Phong

$$I_S = I_L \cdot K_S \cdot \cos^n(\alpha) = I_L \cdot K_S \cdot (\bar{R} \cdot \bar{V})^n$$

- K_S : Coeficiente de reflexión especular
- α : Angulo entre R y V
- n: Coeficiente de especularidad o de concentración de brillo



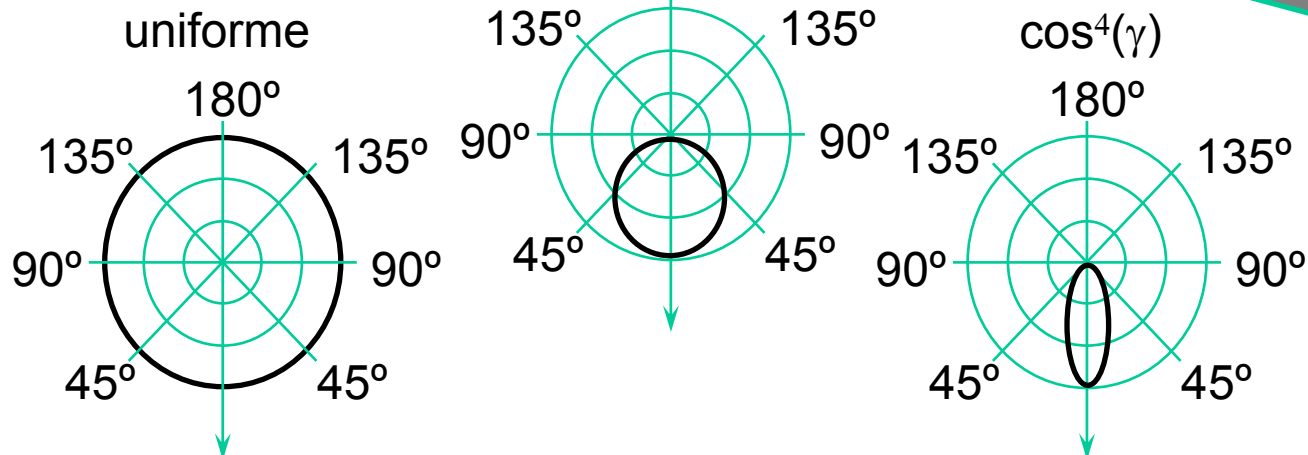
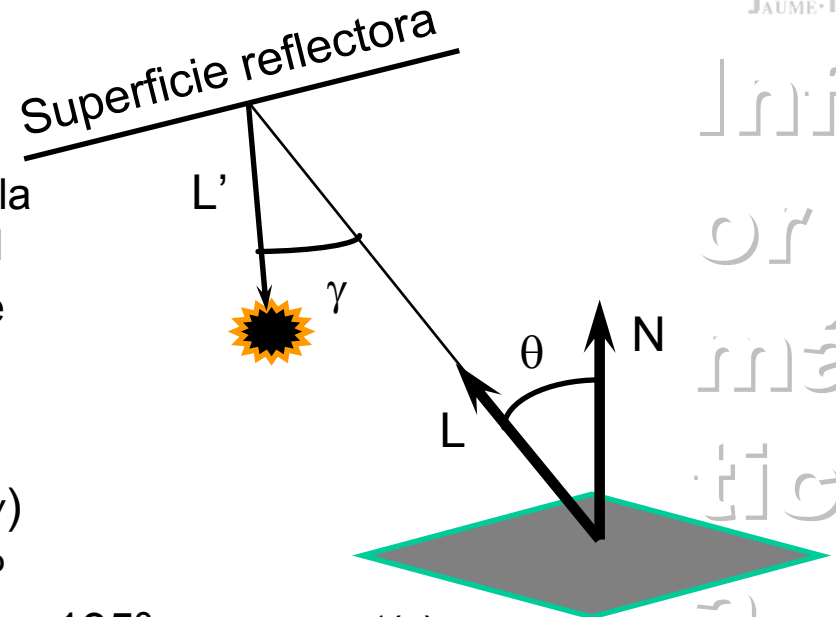
Superficie Pulida

¡Ojo! L, N, R son coplanares, V no

Modelo de iluminación local

- *Fuente puntual con distribución*
 - Hasta se ha considerado una distribución uniforme en el espacio, de la intensidad emitida por la fuente puntual
 - Es posible simular la direccionalidad de la emisión con el modelo de Warn

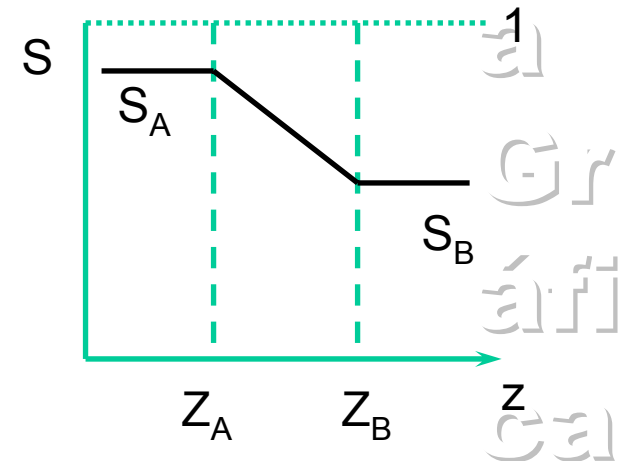
$$I_L = I_L \cdot \cos^p(\gamma)$$
$$I_L = I_L \cdot (-\vec{L} \cdot \vec{L}')^p$$



Modelo de iluminación local

- *Atenuación del observador (Niebla)*
 - La distancia al observador viene dada por la coordenada z
 - Se pueden conseguir efectos de atmósfera tomando una intensidad de fondo I_F e interpolando con la intensidad obtenida.
 - $z < z_A$
 - La atmósfera siempre ofrece la misma atenuación mínima
 - $S = S_A$
 - $z_A < z < z_B$
 - Atenuación lineal con la distancia
 - $$S = S_B + (z - z_B) (S_A - S_B) / (z_A - z_B)$$
 - $z > z_B$
 - Atenuación máxima constante
 - $S = S_B$
 - Modelo con atenuación:

$$I' = S \cdot I + (1 - S) \cdot I_F$$



Modelo de iluminación local

- *Cromatizidad espectral*
 - Hay tener en cuenta la dependencia de los parámetros del modelo de iluminación de la longitud de onda de la luz (color)

- *Parámetros dependientes:*

- Intensidades: Color espectral de las fuentes.

$$I(\lambda), I_L(\lambda), I_F(\lambda), I_a(\lambda)$$

- Coeficientes de reflexión: Reflectividad dependiente de las preferencias por la absorción de determinadas longitudes de onda por el material. Color del objeto.

$$K_a(\lambda), K_d(\lambda), K_s(\lambda), n(\lambda)$$

simplificaciones

$$\begin{array}{l} O_d(\lambda) \text{ Color del objeto} \\ O_s(\lambda) \text{ Color del brillo} \end{array}$$

- *Modelo espectral*

$$I(\lambda) = I_{a\lambda} \cdot K_a \cdot O_{d\lambda} + f_{att} \cdot I_{L\lambda} \cdot \left[K_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}) + K_s \cdot O_{s\lambda} \cdot (\bar{R} \cdot \bar{V})^p \right]$$

Modelo de iluminación local

- Discretización en componentes R, G, B :

$$\begin{aligned}
 I_R &= I_{aR} \cdot K_a \cdot O_{dR} + f_{att} \cdot I_{LR} \cdot \left[K_d \cdot O_{dR} \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}) + K_s \cdot O_{sR} \cdot (\bar{R} \cdot \bar{V})^n \right] \\
 I_G &= I_{aG} \cdot K_a \cdot O_{dG} + f_{att} \cdot I_{LG} \cdot \left[K_d \cdot O_{dG} \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}) + K_s \cdot O_{sG} \cdot (\bar{R} \cdot \bar{V})^n \right] \\
 I_B &= I_{aB} \cdot K_a \cdot O_{dB} + f_{att} \cdot I_{LB} \cdot \left[K_d \cdot O_{dB} \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}) + K_s \cdot O_{sB} \cdot (\bar{R} \cdot \bar{V})^n \right]
 \end{aligned}$$

- Fuentes de luz múltiples

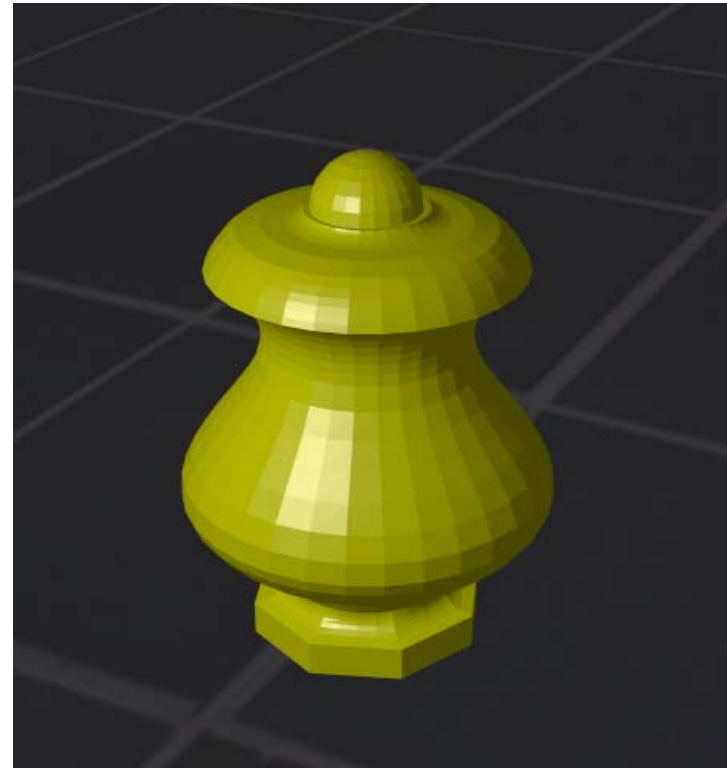
$$I_\lambda = I_{a\lambda} \cdot K_a \cdot O_{d\lambda} + \sum_{i=1}^m f_{att_i} I_{L_i\lambda} \cdot \left[K_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L}_i) + K_s \cdot O_{s\lambda} \cdot (\bar{R}_i \cdot \bar{V})^n \right]$$

- Puede suceder que alguna de las componentes R, G, B saturar por encima de 1 (valor máximo del dispositivo), en ese caso se puede
 - Truncar aquellos valores por encima de 1.
 - Calcular la imagen en su totalidad y normalizar las intensidades tal que queden comprendidas en el intervalo $[0..1]$.



Modelo de iluminación local

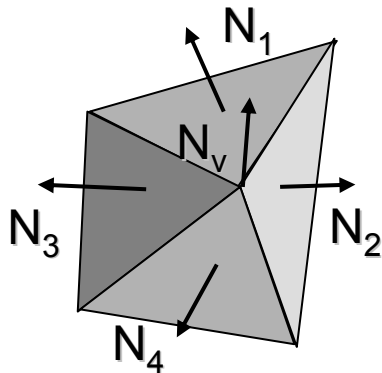
- *Sombreado plano (flat shading, faceted shading)*
 - Se aplica el modelo de iluminación una sola vez para cada polígono
 - Suposiciones
 - *La fuente de luz se encuentra en el infinito. El producto escalar entre N y L se mantiene constante*
 - *El observador se encuentra en el infinito. El producto escalar entre N y V se mantiene constante*
 - Visualización rápida ya que todo el polígono se pinta del mismo color



Modelo de iluminación local

- *Sombreado de Gouraud*

- Interpola linealmente los valores de iluminación de los vértices de cada polígono
- Necesita conocer las normales en cada vértice
- La normal en el vértice se puede calcular promediando las de las caras de alrededor



- *Sombreado de Phong*

- Interpola las normales de los vértices en lugar del color
- Aplica el modelo de iluminación para cada punto con la normal que ha obtenido
- Más exacto que Gouraud



SUMARIO

- *Los modelos de color más comunes son: HSB, RGB, CMYK y Lab*
- *Un modelo de iluminación permite calcular la intensidad de la luz en un punto de la superficie de un objeto.*
- *Efectos que se puede simular con el modelo de iluminación presentado son:*
 - iluminación local, fuentes puntuales, iluminación ambiente, reflexión difusa, reflexión especular, atenuación por distancia al foco y al observador, distribución lumínica no uniforme de las fuentes